



POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA

Plan Nacional de Educación **Multimodal** en SST 2026

Talentos que **hacen país**



Positiva Prevención

GRUPO
BICENTENARIO



Comunidad Nacional de Conocimiento en Prevención de Peligros en el Sector Salud

Talentos que **hacen país**



SESIÓN 8: CIRUGÍA 4.0 - NUEVOS RIESGOS MÉDICOS EN LA ERA DE LOS ROBOTS QUIRÚRGICOS



Cristian Alonso R. experto

COMUNIDAD NACIONAL DE CONOCIMIENTO EN PREVENCIÓN DE
PELIGROS EN EL SECTOR SALUD



cristianalonso_r@hotmail.com



3165292972

Perfil profesional:

MÉDICO UNIVERSIDAD NACIONAL POSTGRADO SALUD
OCUPACIONAL UJTL. MAESTRÍA DE EDUCACIÓN CON ÉNFASIS EN
INVESTIGACIÓN CUALITATIVA U DE LA SABANA. DIPLOMADO
PROMOCIÓN DE LA SALUD CIP-SALUD, U. DE ANTIOQUIA, EVES -
ESPAÑA ASESOR INTERNACIONAL DE CALIFICACIÓN DE
INVALIDEZ Y ORIGEN, CERTIFICADOR DE DISCAPACIDAD,
PROFESOR DE POSTGRADO Y MAESTRÍA U EXTERNADO DE
COLOMBIA, U NACIONAL UDES, UJTL, U DE CUENCA ECUADOR



Ruta del **conocimiento**

01

SESIÓN 1:
RUIDO HOSPITALARIO -
¿CÓMO LAS ALARMAS
MÉDICAS ESTÁN
AFECTANDO TU
AUDICIÓN?

02

SESIÓN 2:
ALERGIA AL LÁTEX - EL
ENEMIGO SILENCIOSO DEL
PERSONAL DE SALUD

03

SESIÓN 3:
AEROSOLLES INVISIBLES -
LOS RIESGOS OCULTOS EN
PROCEDIMIENTOS
MÉDICOS

04

SESIÓN 4:
RIÑONES BAJO PRESIÓN - EL
IMPACTO CLÍNICO DE LAS
LARGAS JORNADAS DE PIE

05

SESIÓN 5:
PIEL EN ALERTA - DERMATITIS
OCUPACIONAL POR
DESINFECTANTES
HOSPITALARIOS

Ruta del **conocimiento**



06

SESIÓN 6:
CALOR EN LA CENTRAL DE
ESTERILIZACIÓN - ¿CÓMO
PREVENIR EL ESTRÉS
TÉRMICO OCUPACIONAL?



07

SESIÓN 7:
RIESGO BIOLÓGICO
AVANZADO - LOS PELIGROS
QUE NO VES EN
LABORATORIOS Y BANCOS
DE SANGRE



08

SESIÓN 8:
CIRUGÍA 4.0 - NUEVOS
RIESGOS MÉDICOS EN LA
ERA DE LOS ROBOTS
QUIRÚRGICOS



09

SESIÓN 9:
TU COLUMNA NO MIENTE -
PREVENCIÓN DE LESIONES
EN EL DESPLAZAMIENTO DE
PACIENTES



10

SESIÓN 10:
GASES ANESTÉSICOS
RESIDUALES - EL RIESGO
OCULTO EN EL QUIRÓFANO

Evaluémonos



“Cuando el robot entra al quirófano, el riesgo no desaparece: evoluciona.”

Autor: anonimo

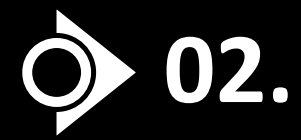


Contenido



01.

Qué es la cirugía 4.0.



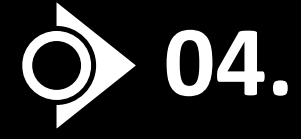
02.

Cuales son las nuevas tecnología que se derivan.



03.

Donde aparecen los nuevos riesgos



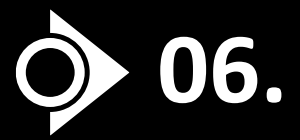
04.

Que patologías se pueden generar.



05.

Estadísticas sobre el problema.



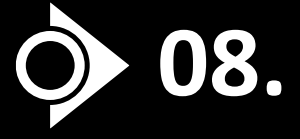
06.

Trabajadores susceptibles.



07.

Como evaluar el Riesgo derivado.



08.

Promoción y prevención..





POSITIVA
COMPAÑIA DE SEGUROS

suma 5.0



educa
comunica y cultura preventiva

01.

Entender cuales son los nuevos avances en cirugía y como generan riesgos

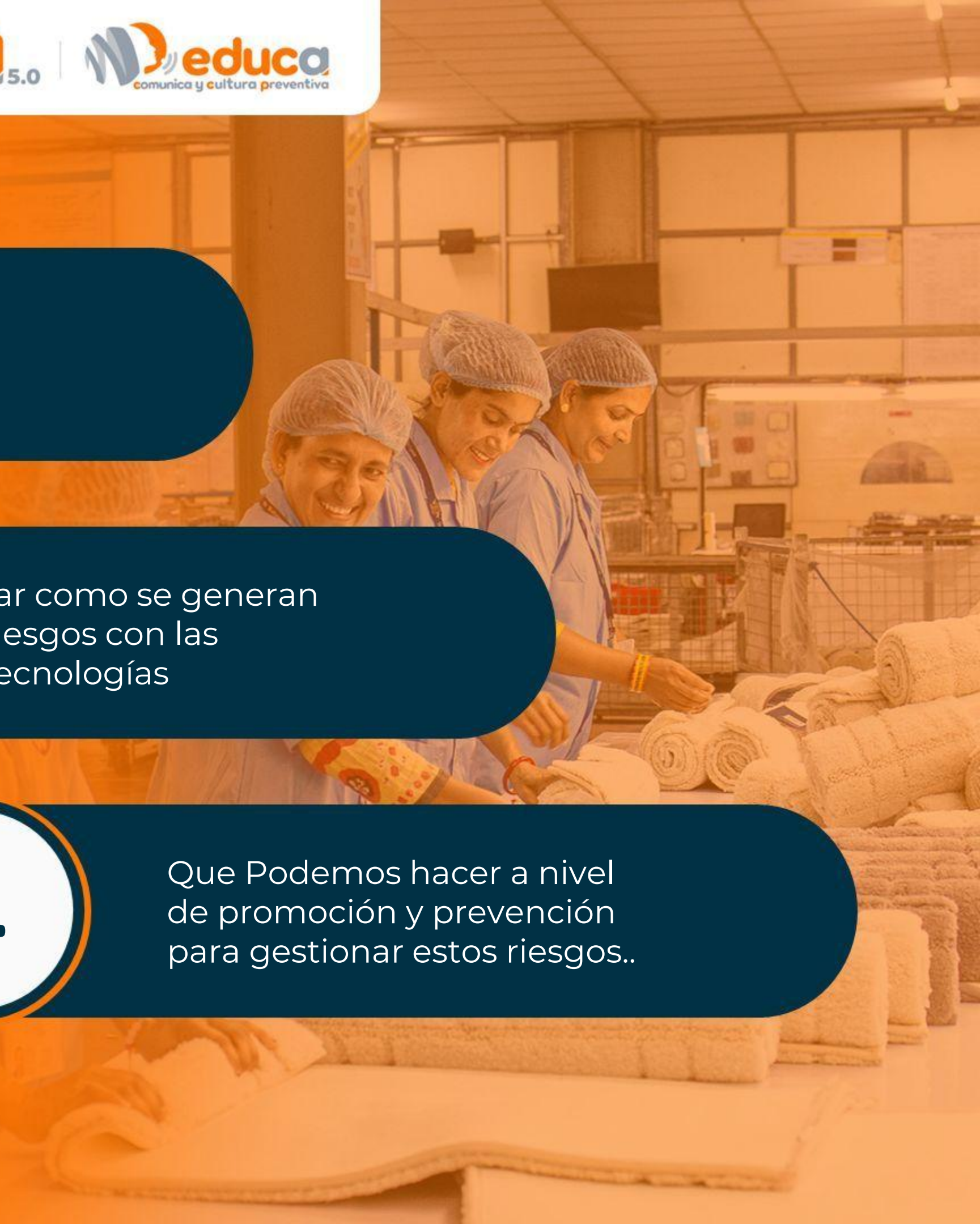
02.

Evidenciar como se generan nuevos riesgos con las nuevas tecnologías

03.

Que Podemos hacer a nivel de promoción y prevención para gestionar estos riesgos..

Objetivo





¿Qué es la Cirugía 4.0?

Es la evolución de la cirugía hacia un ecosistema integrado de:

- robótica quirúrgica;
- inteligencia artificial;
- realidad aumentada y realidad virtual;
- imágenes tridimensionales;
- navegación quirúrgica;
- sensores y sistemas hápticos;
- cirugía asistida por computadora;
- telecirugía;
- análisis automatizado de imágenes;
- plataformas conectadas a redes hospitalarias;
- sistemas de apoyo a la decisión clínica;
- eventualmente, automatización parcial de determinadas tareas quirúrgicas.



¿Qué es la Cirugía 4.0?

La característica fundamental es que el cirujano deja de interactuar únicamente con el paciente y los instrumentos quirúrgicos y comienza a trabajar dentro de un **sistema hombre–robot–software–datos–IA–infraestructura hospitalaria**.

- Por eso, el concepto de riesgo también cambia.
- **La cirugía robótica puede reducir el riesgo biomecánico tradicional, pero introduce riesgos tecnológicos, cognitivos, digitales y organizacionales.**



Una revisión sistemática publicada en 2026 encontró evidencia experimental de beneficios ergonómicos de la cirugía robótica frente a la laparoscopia, pero también identificó nuevos desafíos físicos, cognitivos y organizacionales.

¿Cuáles son las nuevas tecnologías?



Tecnología	¿Qué hace?	Posibles riesgos ocupacionales
Robótica quirúrgica	Traduce movimientos del cirujano a instrumentos robotizados	Postura estática, fatiga, carga cognitiva
Visión 3D	Visualización tridimensional del campo quirúrgico	Fatiga visual, cefalea, alteraciones de acomodación
IA quirúrgica	Reconocimiento anatómico, predicción, asistencia	Automatización, exceso de confianza, errores de interpretación
Realidad aumentada	Superpone información sobre el campo quirúrgico	Sobrecarga visual/cognitiva
Realidad virtual	Entrenamiento y simulación	Cibermareo, fatiga visual, carga cognitiva
Sistemas hápticos	Proporcionan sensación de fuerza/tacto	Recalibración sensorial, errores de interpretación
Navegación quirúrgica	Integra imágenes y posición del instrumental	Dependencia tecnológica
Telecirugía	Permite intervención a distancia	Latencia, fallos de comunicación, ciberseguridad
Robótica semiautónoma	Automatiza determinadas tareas	Pérdida de conciencia situacional, automation bias
OR inteligente	Integra robots, imágenes, monitores, historia clínica y redes	Complejidad tecnológica y riesgo cibernético



¿Dónde aparecen los nuevos riesgos?





La mejor forma de explicarlo es dividirlos en **ocho familias de riesgo**.

Riesgo biomecánico/ergonómico

Riesgo cognitivo

Riesgo visual

Riesgo por radiaciones ionizantes

Riesgo químico y biológico: humo quirúrgico

Riesgo psicosocial y organizacional

Ciberseguridad: el nuevo riesgo quirúrgico

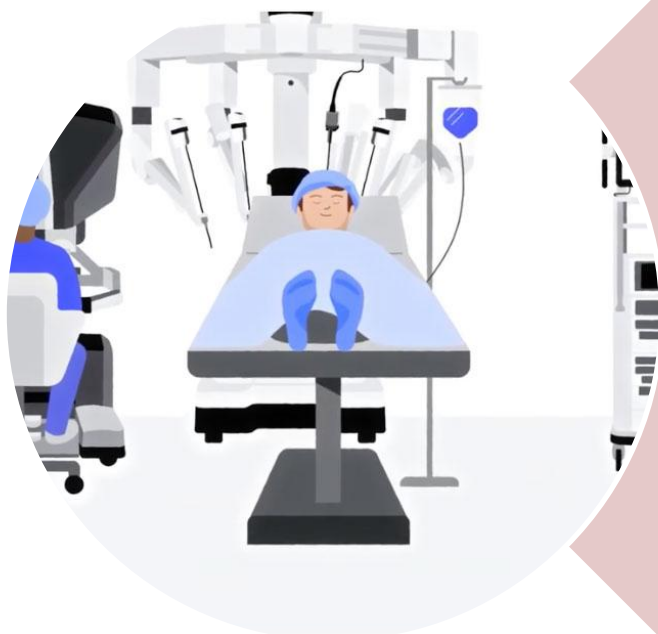
Riesgos derivados de la interacción humano-robot

A. Riesgo biomecánico/ergonómico



El robot permite:

- sentarse;
- disminuir movimientos amplios;
- reducir fuerza física;
- disminuir movimientos repetitivos de los brazos;
- mejorar precisión.



Pero puede generar:

- inmovilidad prolongada;
- flexión o extensión cervical mantenida;
- hombros elevados;
- postura estática;
- apoyo inadecuado de brazos;
- movimientos repetitivos de dedos;
- fatiga lumbar;
- sedestación prolongada.

Es probablemente el riesgo ocupacional **mejor documentado**



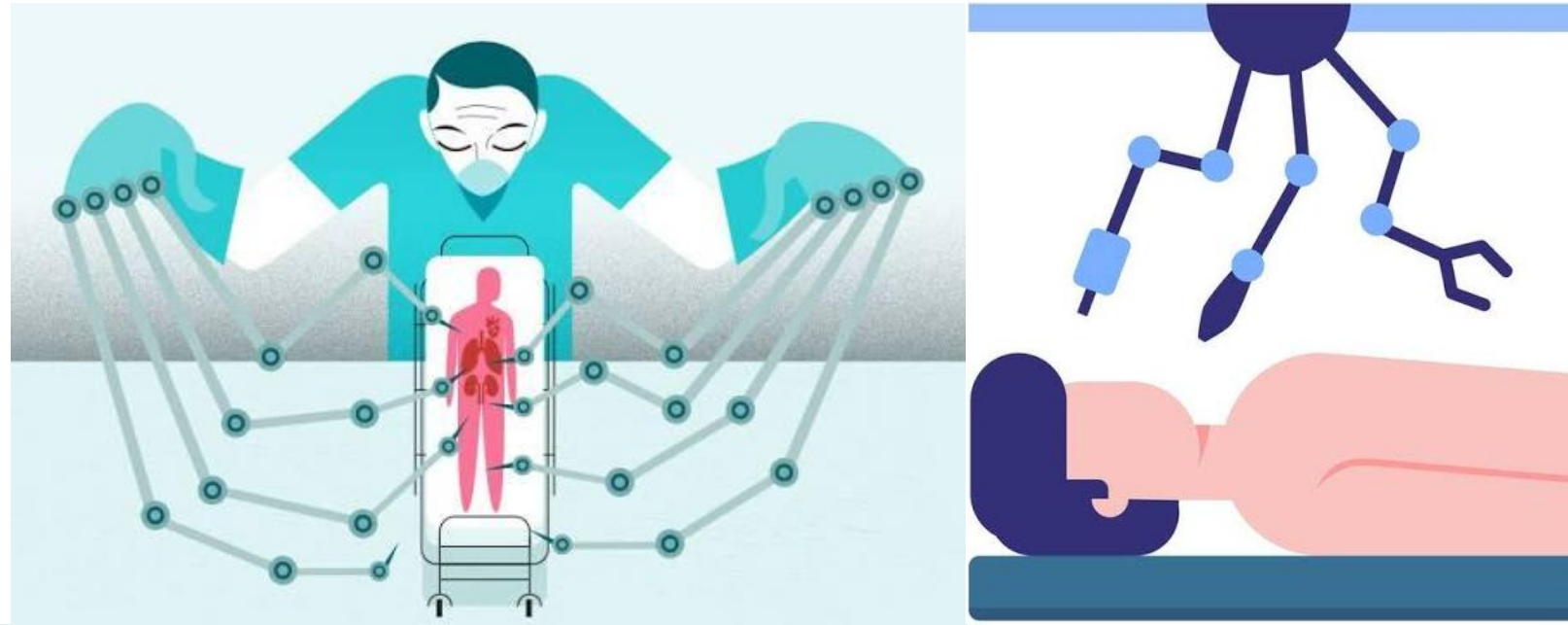
A. Riesgo biomecánico/ergonómico

Una revisión sistemática de 2025 que incluyó **16 estudios, 508 cirujanos, 530 laparoscopias tradicionales y 535 cirugías robóticas**, encontró que la activación muscular global generalmente era menor durante cirugía robótica, pero persistían cargas importantes en espalda baja, trapecio y musculatura de los dedos.

- Un concepto particularmente importante:
- El robot cambia la postura dinámica por una postura estática.
- Esto puede resumirse:
- Laparoscopia: "me muevo demasiado".
Robótica: "me muevo menos, pero puedo quedarme demasiado tiempo en la misma posición".



B. Riesgo cognitivo



Este es uno de los riesgos más interesantes de la Cirugía 4.0.

- El cirujano debe simultáneamente:
 - interpretar imágenes;
 - controlar instrumentos;
 - interpretar información del robot;
 - anticipar movimientos;
 - vigilar al paciente;
 - comunicarse con el equipo;
 - interpretar alarmas;
 - tomar decisiones;
 - supervisar tecnología;
 - responder a fallas.



B. Riesgo cognitivo

Puede aparecer:

Cognitive overload

- Exceso de información que supera la capacidad de procesamiento.

Automation bias

- Tendencia a confiar excesivamente en la recomendación de un sistema automatizado.

Loss of situational awareness

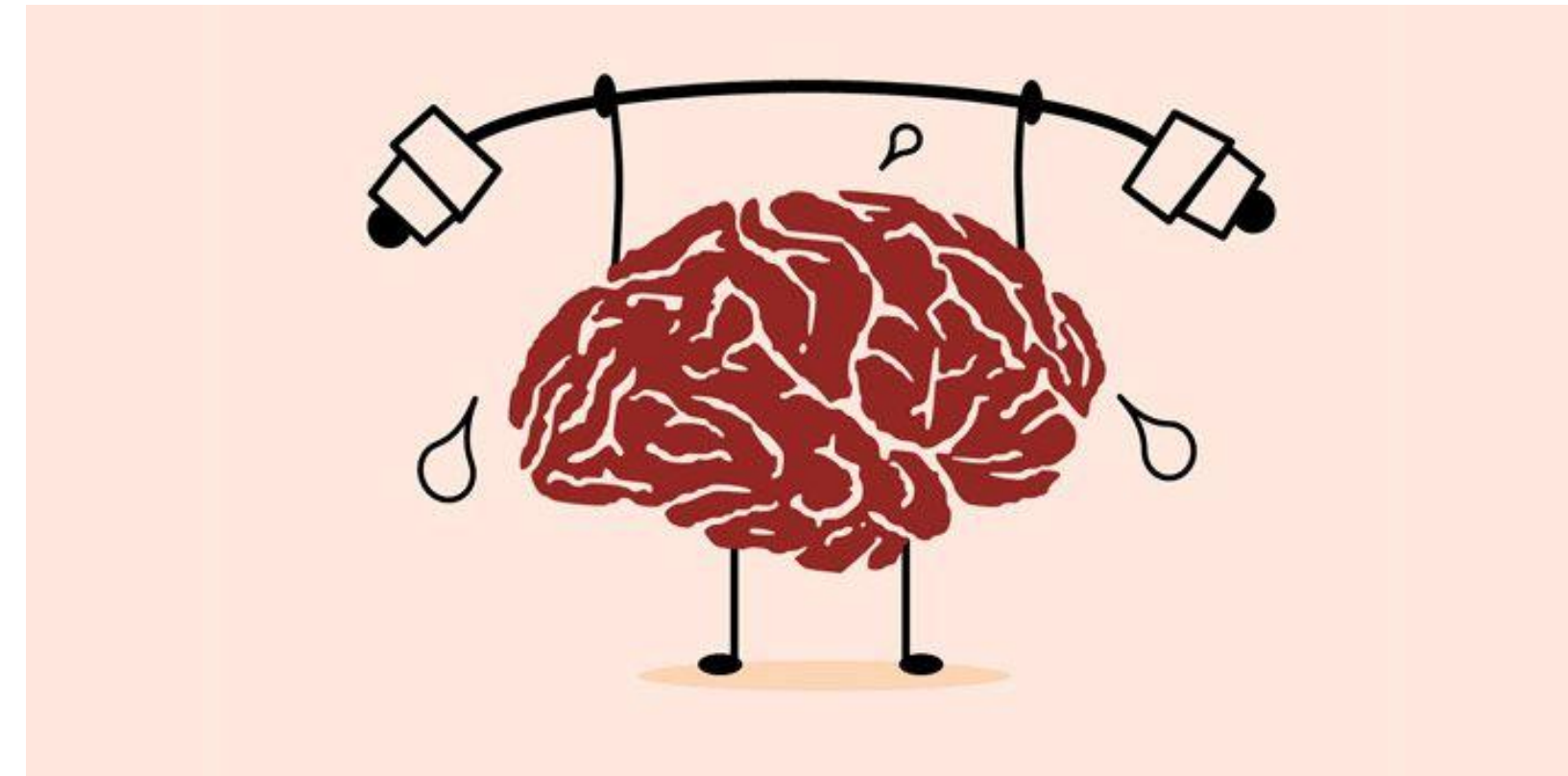
- Pérdida parcial de conciencia de lo que ocurre alrededor del paciente.

Vigilance decrement

- Disminución de la vigilancia después de períodos prolongados de supervisión.

Decision fatigue

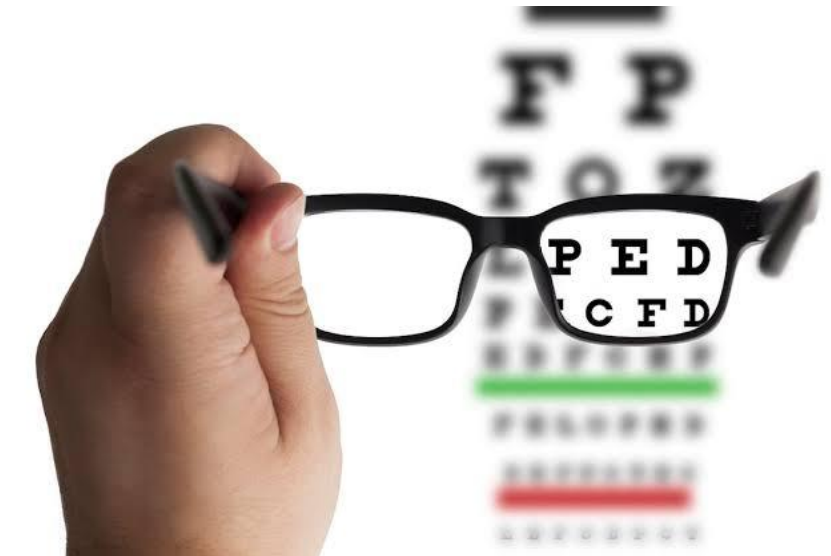
- Disminución de la calidad de las decisiones después de múltiples decisiones sucesivas. Un estudio experimental en cirugía robótica demostró una relación entre las habilidades técnicas, la carga cognitiva y la aparición de errores durante ejercicios quirúrgicos robotizados.





La cirugía robótica puede implicar muchas horas de exposición a:

- pantallas;
- visión 3D;
- microscopios;
- realidad aumentada;
- realidad virtual;
- imágenes de alta resolución;
- cambios rápidos de profundidad y enfoque.



Puede producir o favorecer:

- astenopia;
- cefalea;
- visión borrosa;
- sequedad ocular;
- dificultad de acomodación;
- fatiga visual;
- molestias cervicales secundarias a la posición visual.

Por eso, **ergonomía visual** debería convertirse en un componente específico de la vigilancia médica de los cirujanos que trabajan con estas tecnologías.

D. Riesgo por radiaciones ionizantes

La cirugía robótica por sí misma **no significa exposición a radiación ionizante**.



Pero muchas cirugías modernas utilizan simultáneamente:

- fluoroscopia;
- radiografía intraoperatoria;
- navegación radiológica;
- CT intraoperatoria;
- sistemas híbridos.



RIESGO DE RADIACIÓN

En esos casos aparece el riesgo de:

- radiación acumulativa;
- catarata;
- alteraciones cutáneas por dosis elevadas;
- efectos estocásticos;
- cáncer asociado a exposición acumulativa.



D. Riesgo por radiaciones ionizantes



Una revisión sistemática reciente sobre exposición ocupacional durante fluoroscopia analizó **71 estudios** y confirmó la importancia de la exposición del cirujano y del equipo quirúrgico.



Otra revisión encontró exposiciones promedio sin protección de aproximadamente **0,08–0,11 mSv** por **procedimiento para tórax** y **0,04–0,05 mSv** para ojos, aunque la dosis real depende enormemente de procedimiento, equipo, posición y protección.



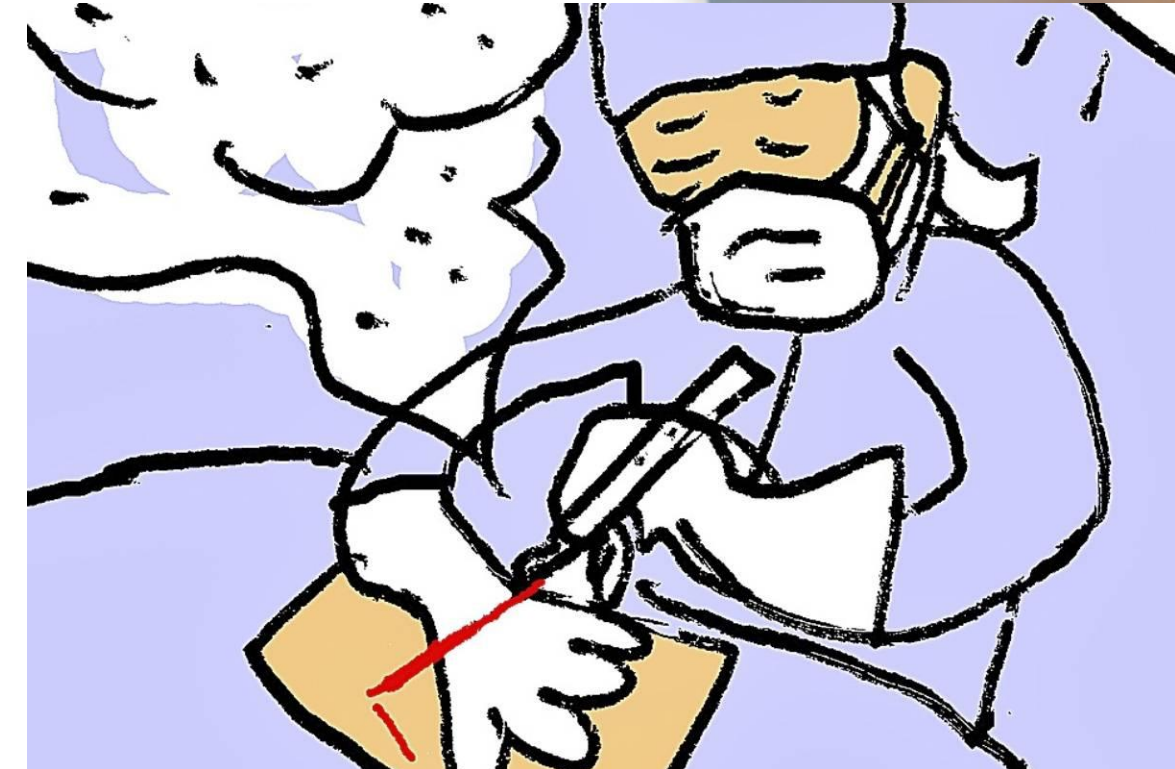
E. Riesgo químico y biológico: humo quirúrgico

Este riesgo **no es exclusivo de la robótica**, pero se vuelve muy relevante en Cirugía 4.0 porque las tecnologías modernas utilizan ampliamente:

- electrocauterio;
- láser;
- dispositivos ultrasónicos;
- energía bipolar;
- energía monopolar.

Estos generan **humo quirúrgica (surgical smoke)**.

- Puede contener:
 - partículas ultrafinas;
 - hidrocarburos;
 - aldehídos;
 - formaldehído;
 - hidrocarburos aromáticos;
 - compuestos tóxicos;
 - material biológico;
 - componentes virales.



E. Riesgo químico y biológico: humo quirúrgico

Revisión sistemática

- identificó manifestaciones principalmente respiratorias y cefalea en trabajadores expuestos, además de evidencia de sustancias tóxicas y alteraciones histopatológicas de mucosa nasal.

Otra revisión

- encontró evidencia de componentes virales en humo quirúrgico, incluyendo componentes asociados a HPV, HBV, HIV, SARS-CoV-2 y otros virus; esto demuestra **potencial biológico**, aunque no significa que cada exposición produzca infección clínica.

NIOSH

- considera la inhalación de humo quirúrgico un riesgo potencial para todo el equipo quirúrgico.



F. Riesgo psicosocial y organizacional



Aquí aparece un fenómeno interesante:

- **La tecnología no necesariamente reduce el estrés.**
- Puede generar:
 - presión por productividad;
 - aprendizaje tecnológico permanente;
 - temor a cometer errores;
 - responsabilidad médico-tecnológica;
 - procedimientos prolongados;
 - necesidad de certificación;
 - interrupciones;
 - dependencia de técnicos especializados;
 - presión por mantener disponibilidad del robot;
 - conflictos entre equipo médico y tecnológico.

F. Riesgo psicosocial y organizacional



Una revisión sistemática de 2024 encontró **20 estudios** sobre estrés relacionado con cirugía robótica y concluyó que los resultados son heterogéneos y que factores como experiencia, tipo de tarea y comunicación influyen en el estrés.

G. Ciberseguridad: el nuevo riesgo quirúrgico

Este probablemente sea uno de los riesgos **más novedosos de Cirugía 4.0.**



Un robot conectado puede depender de:

- redes;
- servidores;
- software;
- actualizaciones;
- Wi-Fi;
- sistemas hospitalarios;
- historia clínica electrónica;
- almacenamiento de datos;
- acceso remoto.



Una falla informática puede convertirse en un **riesgo físico para el paciente.**

- La literatura ya identifica:
 - ransomware;
 - acceso no autorizado;
 - vulnerabilidades de software;
 - ataques a sistemas conectados;
 - manipulación de información;
 - interrupción del servicio;
 - riesgos de telecirugía.



G. Ciberseguridad: el nuevo riesgo quirúrgico



Una revisión publicada en 2026 específicamente sobre ciberseguridad en cirugía robótica identificó vulnerabilidades asociadas a la creciente integración de estos sistemas a redes hospitalarias.

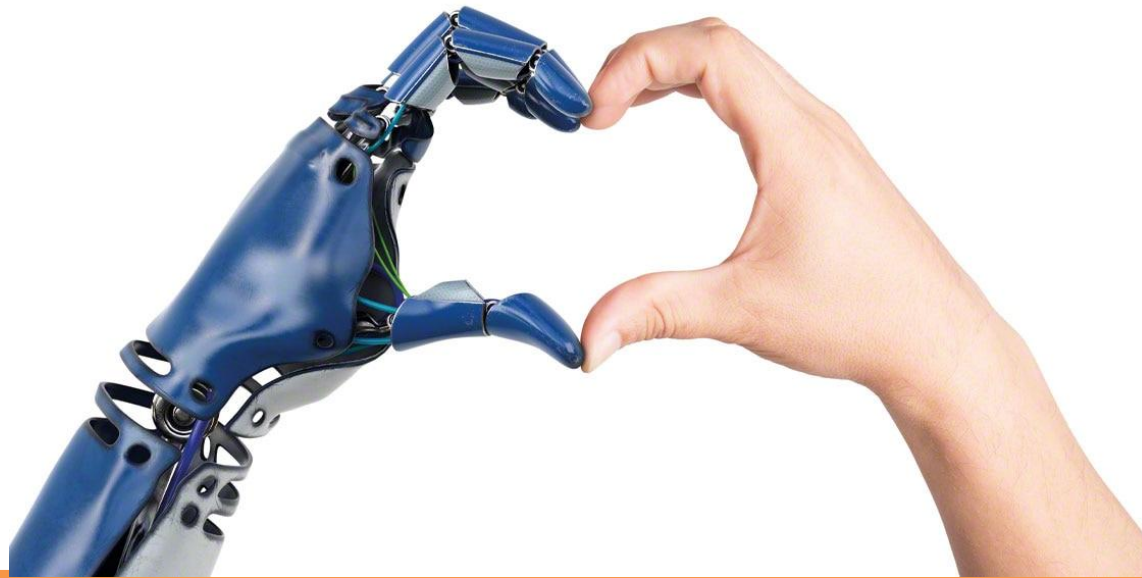


Un artículo de *npj Digital Medicine* señaló que el problema es especialmente crítico porque una alteración cibernética durante un procedimiento puede tener consecuencias físicas inmediatas sobre el paciente.



H. Riesgos derivados de la interacción humano–robot

Aquí aparece una nueva disciplina: **Human–Robot Interaction**



El profesional debe aprender:

- qué puede hacer el robot;
- qué no puede hacer;
- qué información proporciona;
- cómo responde ante errores;
- cómo actuar ante pérdida de energía;
- cómo realizar conversión a cirugía convencional;
- cómo interpretar alarmas.

El peligro aparece cuando:
el médico sabe utilizar el robot, pero no comprende suficientemente sus limitaciones.



Patologías



¿Qué patologías pueden aparecer?



Es importante hacer una distinción:

- **No debemos afirmar que la cirugía robótica "produce" todas estas enfermedades.**
- Algunas tienen evidencia ocupacional directa; otras son riesgos plausibles o asociaciones que todavía requieren investigación longitudinal.

Matriz médico-ocupacional

Riesgo	Manifestaciones	Patologías posibles	Evidencia
Postura estática	dolor cervical/lumbar	cervicalgia, dorsalgia, lumbalgia	Alta
Repetición	dolor de manos/muñecas	tendinopatías, síndrome túnel carpiano	Moderada-alta
Sobrecarga muscular	fatiga	trastornos musculoesqueléticos	Alta
Sedestación prolongada	dolor lumbar	trastornos de columna	Moderada
Pantallas/3D	cefalea, astenopia	fatiga visual	Moderada
Humo quirúrgico	tos, irritación	síntomas respiratorios	Moderada-alta
Radiación	exposición acumulada	catarata/cáncer	Alta para exposición; causalidad individual requiere dosimetría
Estrés	ansiedad, agotamiento	burnout, trastornos relacionados con estrés	Moderada
Sobrecarga cognitiva	errores/fatiga	deterioro del desempeño	Moderada
Ciberincidente	estrés/impacto operacional	riesgo indirecto	Emergente
Automatización	pérdida vigilancia	errores	Emergente
Ruido/alarmas	distracción	fatiga/estrés	Moderada



Estadísticas mundiales: el dato más contundente



La evidencia más sólida actualmente disponible corresponde a los trastornos musculoesqueléticos.

Un meta-análisis internacional de 2023 que incluyó **77 estudios** encontró, entre cirugía robótica/video asistida:

- **cuello: 45,3%**
- **espalda: aproximadamente 49,9%**
- **zona lumbar: 37,8%**
- **hombros: 41,4%**

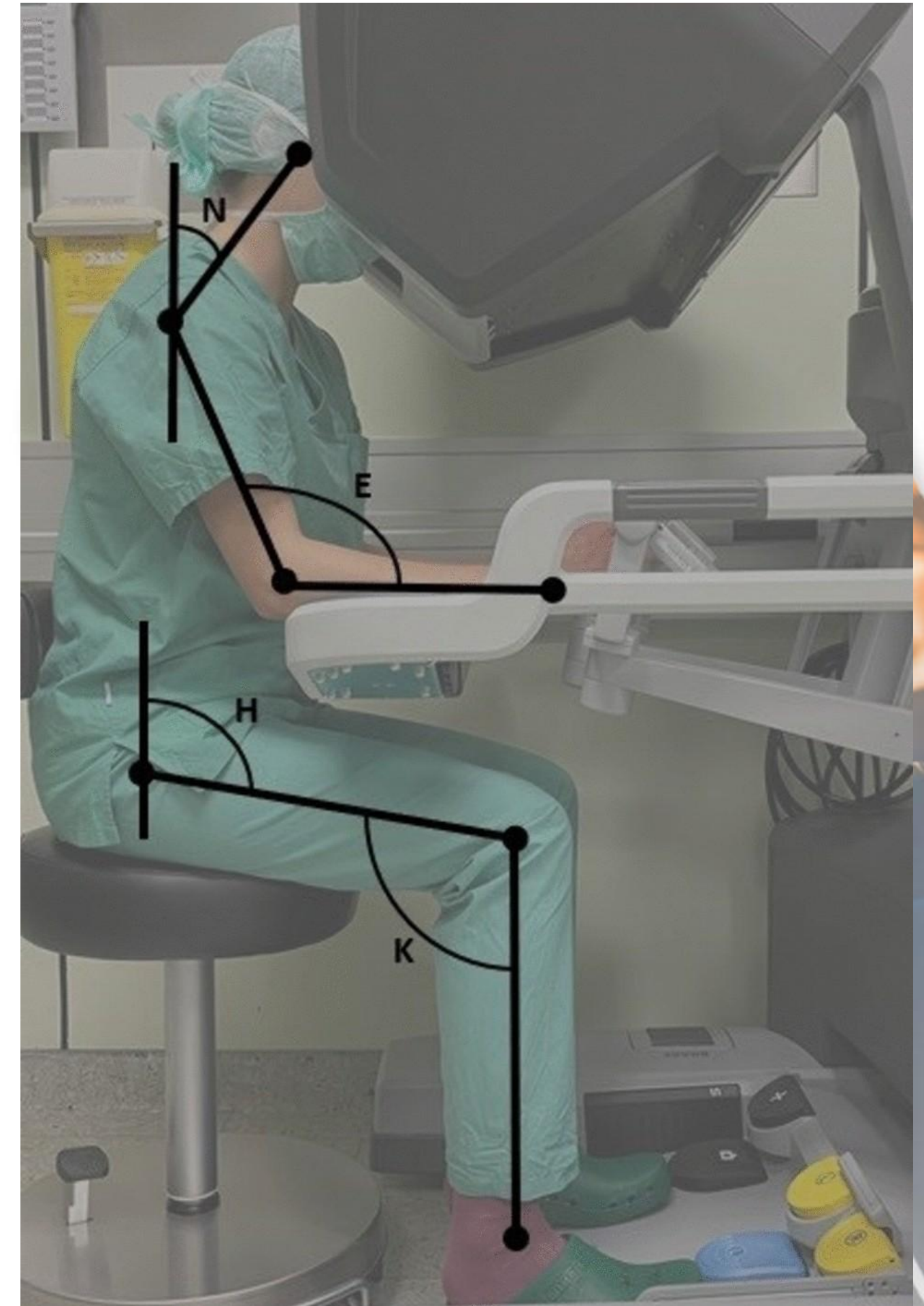
Además, encontró prevalencias significativamente mayores en cirugía asistida en:

- **hombros: 41,9% vs. 28,3%**
- **muñecas: 31,5% vs. 20,9%**
- **pulgares: 21,8% vs. 9,9%.**



"Robótico" no
significa
"ergonómicamente
inocuo".

- En 2026, otra revisión sistemática concluyó que los trastornos musculoesqueléticos afectan a **más del 70–90% de los cirujanos según especialidad**, especialmente cuello, espalda y hombros.
- En cirugía ginecológica mínimamente invasiva, un metaanálisis de 1.619 cirujanos encontró una prevalencia agrupada de síntomas musculoesqueléticos del **82%**, y el sexo femenino apareció como factor asociado con OR 4,64.



Un dato particularmente interesante



Un estudio transversal de 278 cirujanos encontró:

- **77%** con dolor musculoesquelético multisitial.
- Los sitios más frecuentes fueron:
 - cuello: **63%**
 - zona lumbar: **60%**
- Pero cuando se preguntó por dolor durante la cirugía:
 - cirugía abierta: **56%**
 - laparoscopia convencional: **65%**
 - laparoscopia robótica: **28%**.

Esto muestra perfectamente el concepto: **La cirugía robótica puede reducir determinadas cargas biomecánicas, pero no elimina el trastorno musculoesquelético.**

¿Quiénes son los
trabajadores
más
susceptibles?



¿Quiénes son los trabajadores más susceptibles?

No debemos limitar el análisis al cirujano.

Grupo 1. Cirujanos operadores

Grupo 2. Residentes

Grupo 3. Instrumentadores quirúrgicos

Grupo 4. Enfermería quirúrgica

Grupo 5. Anestesiología

.Grupo 6. Técnicos de robótica



¿Quiénes son los trabajadores más susceptibles?



shutterstock.com • 538458469

Grupo 1. Cirujanos operadores

- Especialmente:
- cirugía general;
- urología;
- ginecología;
- colorectal;
- cirugía hepatobiliar;
- cirugía torácica;
- cirugía cardiovascular;
- neurocirugía;
- otorrinolaringología;
- cirugía oncológica.

Grupo 2. Residentes

- Particularmente vulnerables por:
- menor experiencia;
- menor entrenamiento ergonómico;
- mayor duración de procedimientos;
- mayor carga cognitiva;
- menor capacidad para modificar condiciones de trabajo.

Grupo 3. Instrumentadores quirúrgicos

- Por:
- bipedestación;
- movimientos repetitivos;
- posturas forzadas;
- concentración sostenida.

Grupo 4. Enfermería quirúrgica

- Por:
- postura;
- movimientos repetitivos;
- carga física;
- exposición a humo;
- alarmas;
- presión asistencial.

Grupo 5. Anestesiología

- Especialmente por:
- monitorización permanente;
- pantallas;
- posturas mantenidas;
- carga cognitiva;
- exposición a múltiples alarmas.

Grupo 6. Técnicos de robótica

- Nuevo grupo ocupacional:
- instalación;
- mantenimiento;
- calibración;
- solución de fallas;
- manipulación de equipos.



Factores individuales de susceptibilidad

La evidencia sugiere considerar:

- menor acondicionamiento físico;
- baja estatura o diferencias antropométricas;
- tamaño de manos;
- experiencia;
- sexo;
- edad;
- antecedentes musculoesqueléticos;
- tiempo acumulado de exposición;
- número de procedimientos;
- duración de procedimientos.



Factores individuales de susceptibilidad



Las diferencias antropométricas son particularmente importantes porque muchos dispositivos se diseñan con parámetros relativamente estandarizados. La literatura ha identificado mayor susceptibilidad musculoesquelética en mujeres y residentes en determinados contextos, posiblemente relacionada con diseño de equipos, dimensiones antropométricas, carga de trabajo y entrenamiento ergonómico.

¿Cómo diagnosticar estas patologías?

Programa de Vigilancia Epidemiológica para Cirugía 4.0.



A. Evaluación clínica

- **Sistema musculoesquelético**
- Preguntar específicamente por:
 - cervicalgia;
 - dorsalgia;
 - lumbalgia;
 - dolor de hombro;
 - parestesias;
 - dolor de muñeca;
 - dolor de manos;
 - pérdida de fuerza;
 - cefalea asociada al procedimiento.



Examen físico

- movilidad cervical;
- movilidad lumbar;
- hombros;
- fuerza;
- sensibilidad;
- reflejos;
- pruebas de atrapamiento nervioso;
- evaluación postural.



¿Cómo evaluar el riesgo?

Para ergonomía



RULA

- Rapid Upper Limb Assessment.

REBA

- Rapid Entire Body Assessment.

ROSA

- Puede ser útil para el análisis de estaciones de trabajo.

Strain Index

- Especialmente útil para extremidades superiores.

OCRA

- Para movimientos repetitivos.

Para síntomas

- **Nordic Musculoskeletal Questionnaire.** Muy recomendable para vigilancia epidemiológica.

Medición objetiva del esfuerzo

Electromiografía de superficie — sEMG

- Permite estudiar:
- trapecio;
- deltoides;
- bíceps;
- tríceps;
- musculatura lumbar;
- musculatura de antebrazo.
- La revisión de 2025 encontró precisamente que la **sEMG** y la escala **Borg CR10** son herramientas utilizadas para cuantificar actividad muscular y fatiga durante cirugía robótica y laparoscópica.

Medición de carga cognitiva

NASA-TLX

- Evalúa:
 - demanda mental;
 - demanda física;
 - demanda temporal;
 - rendimiento;
 - esfuerzo;
 - frustración.

Es particularmente apropiada para cirugía robótica.

- También pueden utilizarse:
 - pupillometría;
 - eye tracking;
 - frecuencia cardiaca;
 - variabilidad de frecuencia cardiaca;
 - respuesta galvánica de piel;
 - análisis de errores;
 - tiempos de respuesta.

El uso de NASA-TLX ya ha sido aplicado para estudiar carga de trabajo de equipos durante cirugía robótica.



Medición del riesgo visual



Se puede incorporar:

- cuestionario de síntomas visuales;
- agudeza visual;
- refracción;
- evaluación binocular;
- acomodación;
- superficie ocular;
- frecuencia de parpadeo;
- tiempo continuo frente a consola;
- distancia y posición de pantalla.

En investigación: eye tracking.

- Esto permite estudiar:
 - fijaciones;
 - movimientos sacádicos;
 - atención;
 - fatiga visual;
 - distribución de la atención.



Medición de radiación



Quando exista fluoroscopia:

- **Dosimetría personal**
 - dosímetro corporal;
 - dosímetro de extremidad cuando corresponda;
 - dosimetría de cristalino cuando esté indicada.

Variables

- mSv/procedimiento;
- mSv/mes;
- mSv/año;
- tiempo de fluoroscopia;
- distancia;
- número de procedimientos.

Debe establecerse correlación entre **dosis acumulada** y **puesto de trabajo**.

Medición de humo quirúrgico



Es posible evaluar:

- partículas ultrafinas;
- PM;
- concentración de partículas;
- VOC;
- formaldehído;
- eficiencia de extracción;
- velocidad de captura.

Una estrategia moderna sería utilizar: **monitorización ambiental + observación del procedimiento + tiempo de exposición + ubicación del trabajador.** La evidencia reciente confirma que la pluma quirúrgica puede contener sustancias potencialmente tóxicas y carcinogénicas.



¿Cómo medir el riesgo psicosocial/cognitivo?

Podría incorporarse:

- NASA-TLX;
- Copenhagen Burnout Inventory;
- Maslach Burnout Inventory;
- escala de estrés percibido;
- calidad del sueño;
- duración de jornada;
- número de procedimientos;
- tiempo de recuperación;
- horas de entrenamiento;
- incidentes y casi incidentes.



Una matriz de vigilancia epidemiológica para Cirugía 4.0

Factor	Indicador	Instrumento	Frecuencia
Ergonomía	RULA/REBA	Observación/video	Semestral
Dolor MSK	% trabajadores sintomáticos	Nordic	Semestral
Fatiga muscular	Activación muscular	sEMG	Estudios específicos
Esfuerzo	Borg CR10	Escala	Procedimientos
Carga cognitiva	NASA-TLX	Cuestionario	Periódico
Radiación	mSv	Dosimetría	Continua
Humo	PM/VOC	Monitor ambiental	Inicial + periódico
Visual	síntomas/visión	Evaluación médica	Periódica
Psicosocial	estrés/burnout	Instrumentos validados	Anual
Tecnología	incidentes/fallas	Registro	Continuo
Ciberseguridad	incidentes	Auditoría tecnológica	Periódica

Promoción y prevención



Nivel 1. Ingeniería

Acciones

- consola ajustable;
- silla ergonómica;
- soporte de antebrazos;
- monitor ajustable;
- pedales correctamente posicionados;
- iluminación adecuada;
- sistemas de extracción de humo;
- aislamiento acústico;
- sistemas redundantes;
- UPS;
- redes seguras.



Nivel 2. Organización

Acciones

- limitar duración continua de procedimientos;
- pausas ergonómicas;
- rotación;
- programación de procedimientos;
- entrenamiento progresivo;
- protocolos para fallas;
- simulación de emergencia tecnológica.

Nivel 3. Formación

Entrenar
en:

- ergonomía robótica;
- factores humanos;
- gestión de carga cognitiva;
- ciberseguridad;
- conversión a cirugía convencional;
- manejo de alarmas;
- identificación de automation bias.

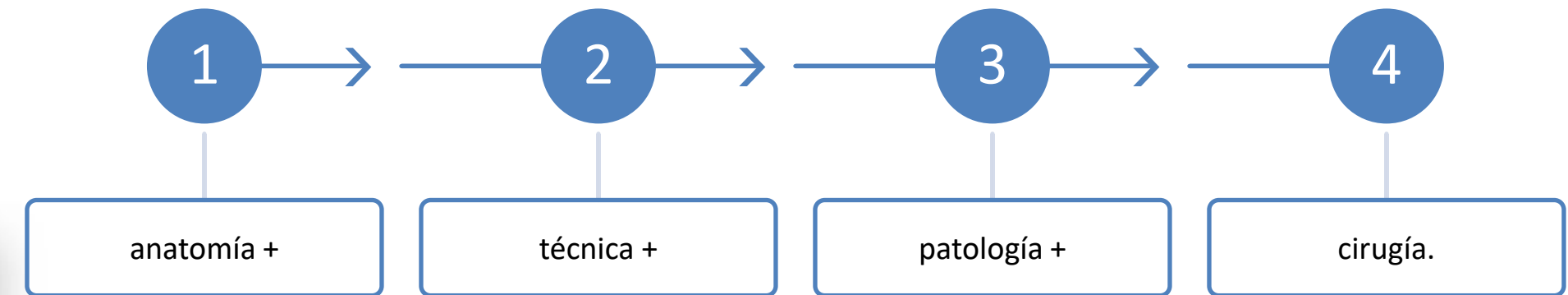




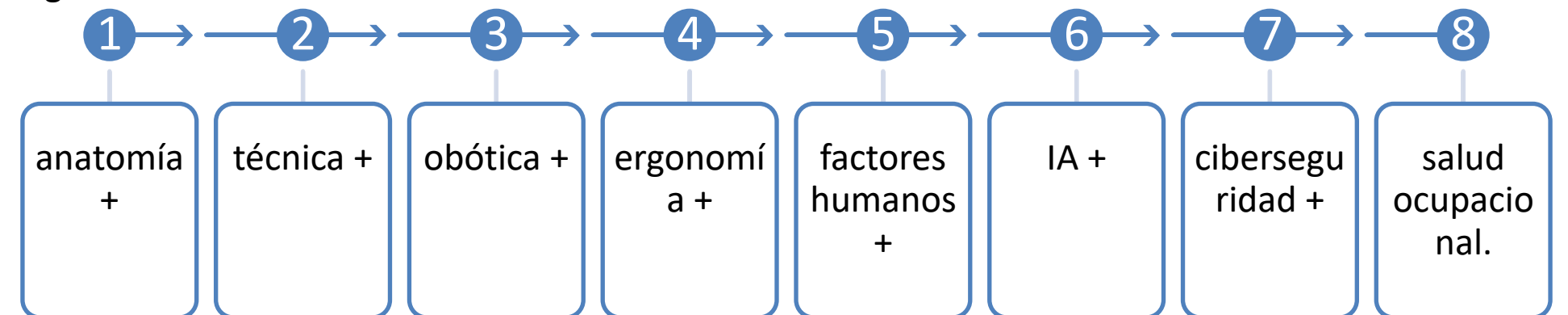
¿Qué deberían hacer las
escuelas de medicina?

Oportunidad curricular

La formación quirúrgica tradicional enseña:



La Cirugía 4.0 debería enseñar:



Crear un módulo:

"Salud del cirujano y factores humanos en cirugía 4.0"

Con seis componentes:

1. Ergonomía quirúrgica
2. Biomecánica
3. Fatiga y sueño
4. Carga cognitiva
5. Interacción humano-robot
6. Ciberseguridad e IA

Entrenamiento mediante simulación

El residente debería entrenarse no solamente para:

- "hacer correctamente la cirugía".

También para:

- "hacer correctamente la cirugía cuando la tecnología falla".

Simular:

- pérdida de imagen;
- pérdida de comunicación;
- fallo del robot;
- pérdida de energía;
- error de instrumento;
- falsa alarma;
- retraso del sistema;
- ciberincidente;
- necesidad de conversión.

Esto permite entrenar la **resiliencia tecnológica**.

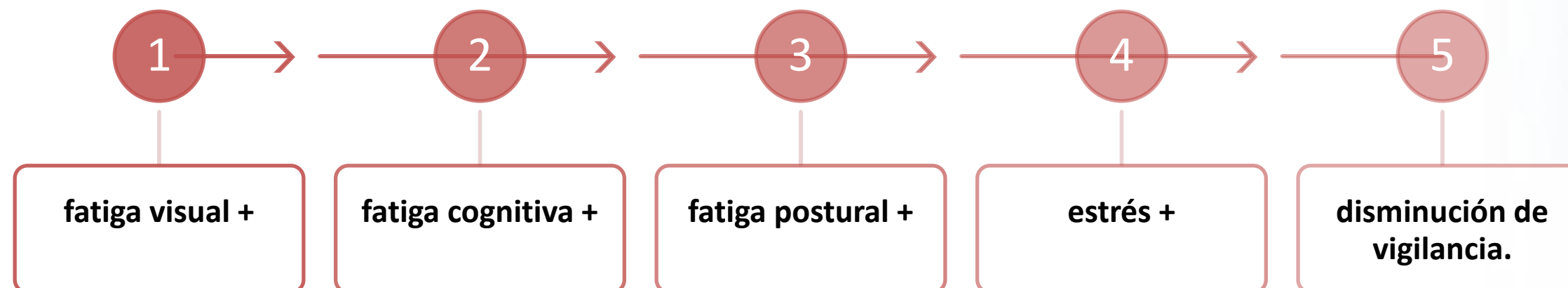


Un nuevo concepto: "fatiga tecnológica Quirúrgica"

Como fenómeno resultante de la exposición prolongada a:

- pantallas;
- alarmas;
- interfaces;
- múltiples sistemas;
- información simultánea;
- supervisión;
- interacción humano-máquina.

Puede manifestarse como:



Es un concepto que puede convertirse en una excelente línea de investigación en medicina del trabajo



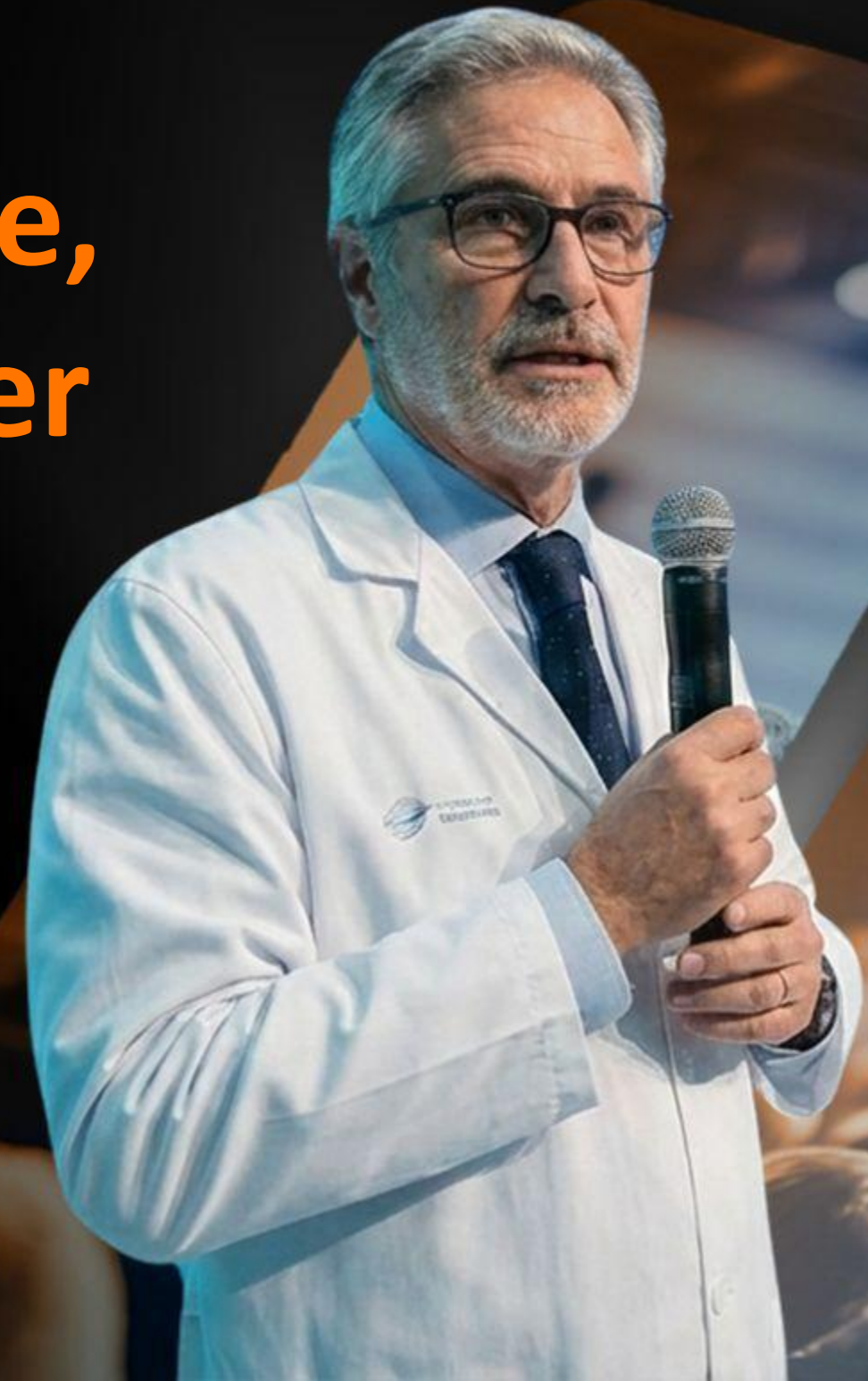


POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

**"El robot puede operar al paciente,
pero todavía necesitamos proteger
al talento humano."**





POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma
5.0



educa
comunica y cultura preventiva

Bibliografías

Cirugía robótica y ergonomía

Lakshani, U., Abbas, G. H., Zevallos, A., Smeenk, F. W. J. M., van Mook, W. N. K. A., & Pouwels, S. (2026). *The physical, cognitive, and organizational ergonomics in robotic surgery: A systematic review of experimental studies*. **The Surgeon**. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2026.06.002>.

[Artículo – PubMed](#)

Estrés laboral

Robotic surgery and work-related stress: A systematic review. (2024). **Applied Ergonomics**, **117**, 104188. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104188>.

[Artículo – ScienceDirect](#)

Humo quirúrgico

•A systematic review of the harmful effects of surgical smoke inhalation on operating room personnel*. (2023). **Health Sciences Review**, **6**, 100077. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100077>.

[Artículo – ScienceDirect](#)

Mahdood, B., Merajikhah, A., Mirzaiee, M., Bastami, M., et al. (2024). *Virus and viral components transmitted through surgical smoke; a silent danger in operating room: A systematic review*. **BMC Surgery**, **24**, 227.

[Artículo – BMC Surgery](#)

Ciberseguridad

Gordon, W. J., Ikoma, N., Lyu, H., Jackson, G. P., et al. (2022). *Protecting procedural care—cybersecurity considerations for robotic surgery*. **npj Digital Medicine**, **5**, 148. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00693-8>.

[Artículo – Nature](#)

Fuller, P., Duffie, H., Li, D., Carbonell, A., Perkins, N., & Cha, J. S. (2026). *Cybersecurity Risks and Vulnerabilities in Robotic-Assisted Surgery*. **Human Factors**, **68**(4), 447–469. <https://doi.org/10.1177/00187208251401735>.

[Artículo – SAGE](#)

Radiación ocupacional

Helton, J., et al. (2025). *Intraoperative Fluoroscopy Exposure: A Systematic, Multi-specialty Review of Occupational Radiation Exposure to Surgeons*. **Cureus**.

[Artículo completo – PMC](#)

Ergonomía y trastornos musculoesqueléticos

Cooper, H., Lau, H. M., & Mohan, H. (2025). *A systematic review of ergonomic and muscular strain in surgeons comparing robotic to laparoscopic approaches*. **Journal of Robotic Surgery**, **19**, 252. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02401-6>.

[Artículo completo – Springer Nature](#)

El Boghdady, M., & Ewalds-Kvist, B. M. (2024). *General surgeons' occupational musculoskeletal injuries: A systematic review*. **The Surgeon**, **22**(6), 322–331.

<https://doi.org/10.1016/j.surge.2024.05.001>.

[Artículo – PubMed](#)

Stewart, A., Brown, K., Booth, K., & Wu, D. H. (2026). *Musculoskeletal Disorders in Surgeons: A Systematic Review on Prevalence, Risk Factors, and Mitigation Strategies*. **The American Surgeon**, **92**(9). <https://doi.org/10.1177/00031348261436809>.

[Artículo – SAGE](#)

Carga cognitiva

Lau, E., Alkhamesi, N. A., & Schlachta, C. M. (2019). *Impact of robotic assistance on mental workload and cognitive performance of surgical trainees performing a complex minimally invasive suturing task*. **Surgical Endoscopy**. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07038-9>.

[Artículo – PubMed](#)

Errores y carga cognitiva

The relationship between technical skills, cognitive workload, and errors during robotic surgical exercises. (2022). **Journal of Endourology**. <https://doi.org/10.1089/end.2021.0790>.

[Artículo – PubMed](#)

Prevalencia mundial de trastornos musculoesqueléticos

Dalager, T., et al. (2023). *Effect of Assisted Surgery on Work-Related Musculoskeletal Disorder Prevalence by Body Area among Surgeons: Systematic Review and Meta-Analysis*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, **20**(14), 6419.

[Artículo completo – MDPI](#)

Evaluémonos



Preguntas



Recuerda que Positiva tiene para ti:



posipedia

<https://www.posipedia.com.co/>



Cursos virtuales



Artículos



Audios



Juegos digitales



OVAs



Guías



Mailings



Videos



¿Quieres profundizar tus conocimientos y
potenciar tus competencias en SST?

¡Capacítate y fortalece
la seguridad de tu empresa!

CURSOS

**VIRTUALES SG-SST
DE 50 Y 20 HORAS**

Escanea e insíbete



Para trabajadores de todas las empresas, áreas y sectores.

¡TE ESPERAMOS!



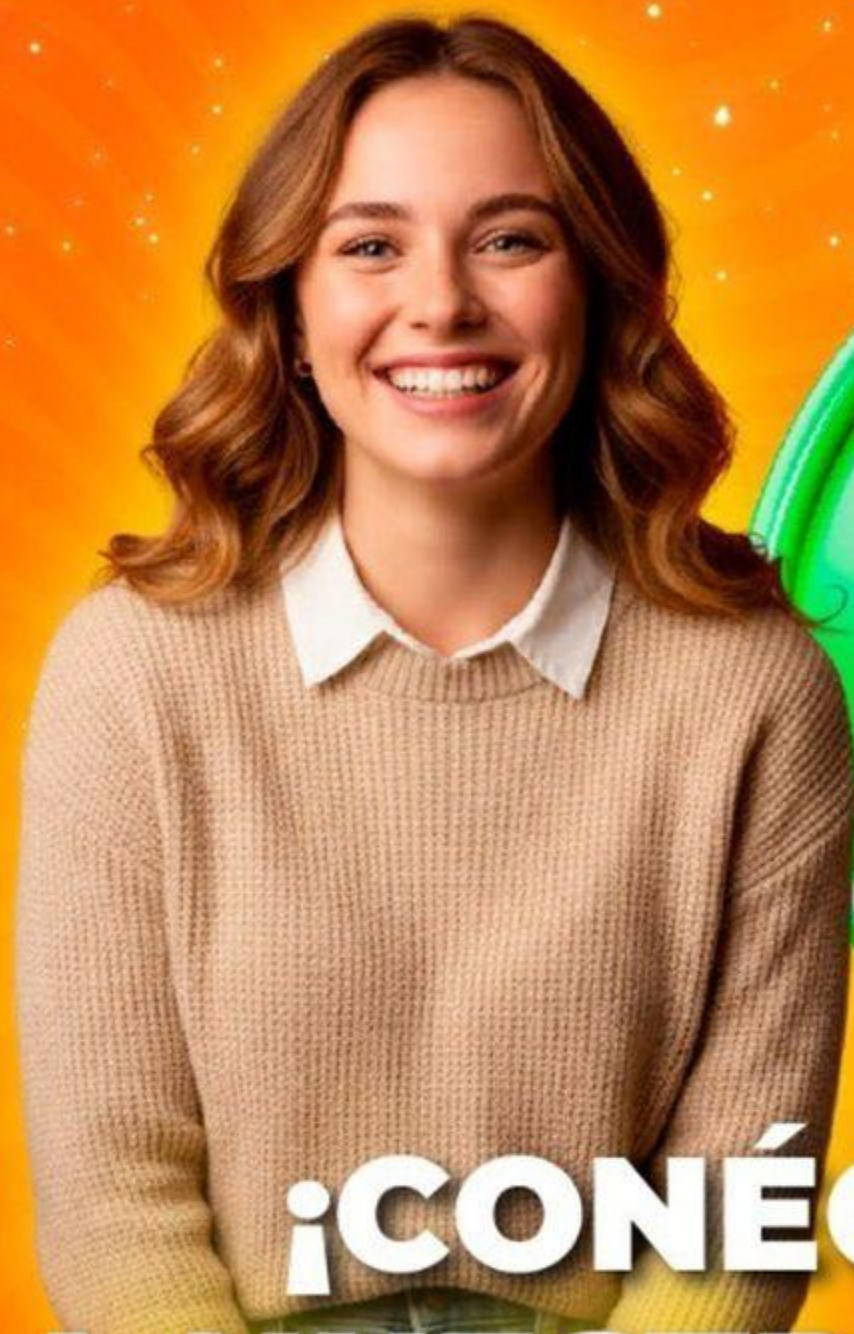


POSITIVA
COMPAÑÍA DE SEGUROS

suma 5.0



educa
comunica y cultura preventiva



**¡CONÉCTATE
A NUESTRO CANAL
de WhatsApp!**

POSITIVA PREVENCIÓN



Descubre campañas, novedades y tips en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) que te ayudarán a fortalecer tu bienestar y la cultura de prevención laboral.

**¡Únete y sé parte de la
comunidad de Positiva!**